Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 25 (1981): 21-30. Palma de Mallorca.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA MINERALIZACION DE LAS AGUAS DE LOS EMBALSES DE CÚBER Y GORG BLAU Y DE SUS PRINCIPALES APORTES

GABRIEL MOYÀ[1] y GUILLERMO RAMÓN[2]

RESUMEN. Se presentan los resultados de los análisis efectuados en las aguas de los embalses de Cúber y Gorg Blau y sus principales aportes, conducentes a la determinación de la mineralización de las mismas. Los valores obtenidos indican que se trata de aguas muy mineralizadas, con alcalinidades altas, mayores en las aguas de escorrentía, con un pH ligeramente básico y poco variable de acuerdo con la reserva alcalina y una conductividad igualmente elevada en concordancia con la concentración iónica. El calcio es el catión cuantitativamente más importante y respecto a los aniones, el orden de abundancia es: bicarbonatos, sulfatos y cloruros. Los embalses de Cúber y Gorg Blau se hallan entre aquellos embalses españoles con una alcalinidad superior, a los que también corresponde un más alto contenido en calcio y por lo tanto con un mayor grado de mineralización.

RESUM. Es presenten els resultats de les anàlisis realitzades a les aigües dels embassaments de Cúber i del Gorg Blau i dels seus aportaments principals, conduents a la determinació de la seva mineralització. Les valors obtingudes indiquen que es tracta d'aigües molt mineralitzades, amb alcalinitats elevades, majors a les aigües d'escorriment, amb un pH lleugerament bàsic i poc variable, d'acord amb la reserva alcalina, i una conductivitat igualment elevada en concordança amb la concentració iònica. El calci és el catió quantitativament més important; quant els anions, llur ordre d'abundància és: bicarbonats, sulfats i clorurs. Els embassaments de Cúber y del Gorg Blau es troben entre el embassaments espanyols amb una alcalinitat superior, als quals també els correspon un contingut en calci més alt i, en conseqüència, un grau de mineralització major.

---

[1] Departamento de Biología.
[2] Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Universidad de Palma de Mallorca.

SUMMARY. Here we present the results of analysis carried out in the waters of the reservoirs of Cúber and Gorg Blau, and its principal influents, concerning the determination of the water's mineralization. The values obtained tell us that the waters are very mineralized with high alcalinities, higher in the running waters, with a pH slightly basic and little changeable, in agreement to the alkaline reserve and a conductivity equally high in concordance with the ionic concentration. The calcium is the most important cation in quantity and concerning the anions the mostly found are: bicarbonate, then sulphate and choride. The Cúber and Gorg Blau reservoirs belong to those Spanish reservoirs with a high alkalinity, to which also show a higher content in calcium, and, therefore with a greater degree of mineralization.

INTRODUCCION.

La mineralización o residuo de las aguas dulces (WETZEL, 1975) viene determinada por la concentración de los iones mayoritarios presentes en las mismas, principalmente los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio y los aniones carbonato, bicarbonato, sulfato y cloruro que, en conjunto, definen algunas de las propiedades de las aguas dulces, como son el pH, la alcalinidad y la conductividad. Estas dos últimas propiedades han sido frecuentemente utilizadas como medida directa de la mineralización (MARGALEF, 1976).

Los elementos que lleva el agua en disolución proceden de la descomposición de las rocas, del lavado e intercambio de iones con el suelo y de la precipitación atmosférica. La concentración de dichos elementos viene regulada por el equilibrio entre evaporación y precipitación (MARGALEF, 1955; WETZEL, 1975). Este conjunto de factores determinan marcadas diferencias geográficas o regionales en el grado de mineralización de las aguas.

Tales diferencias regionales han sido puestas de manifiesto en un estudio de más de un centenar de embalses repartidos por toda la Penínula Iberica, observándose un gradiente oeste-este con las aguas de menor residuo mineral – y alcalinidad más baja– en el oeste, y las más mineralizadas –y de alcalinidad más alta– en el este; pudiéndose distribuir los embalses en seis grupos, desde los que tienen una alcalinidad inferior a 0,3 meq/l, en Galicia, hasta aquellos cuya alcalinidad del agua supera los 3 meq/l, en la España caliza (MARGALEF, 1976; MARGALEF et al., 1973; MARGALEF et al., 1976).

Este trabajo supone una primera aportación al conocimiento de la composición salina de las aguas embalsadas de la Sierra Norte de Mallorca.

Los valores obtenidos en los embalses de Cúber (Servicio Hidráulico de Baleares, 1973a), y del Gorg Blau (Servicio Hidráulico de Baleares, 1973b),

nos permiten una caracterización de las aguas de los mismos mediante su colocación entre aquellos embalses españoles con una composición similar, los incluidos en el grupo VI (MARGALEF et al., 1976).

MATERIAL Y METODOS

Las observaciones se realizaron durante el período comprendido entre marzo de 1976 y octubre de 1978.

Las muestras de agua se obtuvieron en estaciones ubicadas en el interior del embalse, a diferentes profundidades, que fueron visitadas con una periodicidad mensual.

También se recogieron muestras de los aportes a los embalses, que en el caso del Gorg Blau se representan conjuntamente como cuenca del Gorg Blau, mientras que en el embalse de Cúber se consideran dos aportes que vierten directamente en el mismo –el canal de trasvase desde el Gorg Blau y el Torrent de l'Ofre– y uno de lo que hace indirectamente –la Font des Noguer– que vierte sus aguas en el canal de trasvase. La periodicidad en el muestreo de los aportes vino condicionada por la circulación de agua en los mismos.

La conductividad el pH se determinaron haciendo uso de aparatos de medida específicos. La alcalinidad siguiendo una modificación al método de WATTENBERG (1933), los cloruros mediante una modificación al método de KNUDSEN (1901), los sulfatos por el método de FRITZ y STANLEY (1955) modificado y el calcio y el magnesio se determinaron de forma conjunta mediante el método de CHAPMAN y PRATT (1961). Las modificaciones de cada uno de los métodos así como la obtención y el tratamiento de las muestras, se hallan recogidos en MOYÀ (1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se representan los valores medios, mínimos y máximos de cada uno de los diferentes parámetros relacionados con la mineralización de las aguas en los embalses y sus principales aportes. Para algunos parámetros y estaciones de muestreo no se dan valores extremos debido a que la información disponible se halla limitada a una sola o unas pocas determinaciones cuyas diferencias son escasamente significativas.

TABLA 1

VALORES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE CADA UNO DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS EN LOS EMBALSES DE CUBER Y GORG BLAU Y DE SUS PRINCIPALES APORTES.

	CONDUCTIVIDAD $\mu S.cm^{-1}$ (20°C)	ALCALINIDAD meq/l	pH	CALCIO mg/l	MAGNESIO mg/l	SULFATOS mg/l	CLORUROS mg/l
Cuenca Gorg Blau	466,9	4,29 (4,01-4,63)	8,0 (7,8-8,2)	130,7 (80,0-184,0)		25,82 (13,86-41,82)	28,66 (23,08-31,73)
Embalse Gorg Blau	285,6 (256,4-395,3)	2,72 (1,93-4,31)	7,7 (7,3-8,0)	77,0 (48,0-120,0)	10,3	27,17 (<10,00-73,19)	26,68 (20,19-38.46)
Canal de trasvase	372,1 (303,7-397,7)	2,87 (2,35-3,40)	7,7 (7,2-8,2)	86,4 (72,0-128,0)		32,52 (18,63-54,63)	23,76 (21,15-26,92)
Embalse Cuber	296,6 (262,3-391,2)	2,40 (1,18-3,12)	7,8 (7,2-8,5)	74,4 (28,0-112,0)	9,2	30,54 (<10,00-68,77)	25,37 (18,27-33,65)
Torrent de l'Ofre	473,1	4,67 (4,30-5,30)	8,1 (7,8-8,3)	120,0 (104,0-136,0)	4,9	36,88 (31,93-41,82)	28,37 (23,09-25,96)
Font des Noguer		5,08		160,0		37,93	24,04

CALCIO: Las aguas analizadas son ricas en este elemento; todos los valores medios, superiores a los 70 mg/l, y el rango de variación de la concentración de calcio concuerdan con las encontradas en los embalses españoles con un mayor grado de mineralización.

Los valores máximos y medios más altos se dan en la cuenca del Gorg Blau, Font des Noguer y Torrent de l'Ofre, y son consecuencia del continuo lavado que sufren los materiales calizos a través de los cuales corren sus aguas.

Los valores mínimos y medios más bajos corresponden a las estaciones localizadas en los embalses, registrándose una importante oscilación de las concentraciones de calcio, más acusada en el embalse de Cúber. La causa de este comportamiento hay que buscarla en el descenso de la cantidad de calcio en disolución que se registra en determinados niveles y épocas del año, como consecuencia de su precipitación en forma de carbonato cálcico.

MAGNESIO: Se trata de un elemento poco abundante en las aguas de los embalses.

Sus concentraciones están en el orden de las determinadas para otras masas de agua con parecida composición iónica y conductividad (HUTCHINSON, 1957).

SULFATOS: Los valores promedio más altos se dan en los aportes el embalse de Cúber, Torrent de l'Ofre y Font des Noguer, sin embargo las concentraciones máximas del ion corresponden a las estaciones ubicadas en los embalses. En dichas estaciones se observan amplias fluctuaciones de los valores extremos como es norma general en muchos lagos (WETZEL, 1975).

CLORUROS: Las aguas analizadas presentan valores promedio muy parecidos en lo que respecta a la concentración de este anión.

Las oscilaciones más importantes se observan en las aguas de los embalses y están directamente relacionadas con el régimen hidrológico de los mismos.

pH: Los valores mínimos del pH se situan en los embalses y en el canal de trasvase, coincidiendo con aquellos momentos en los que las aguas están estratificadas térmica y quimicamente, con déficit de oxígeno y condiciones reductoras en los niveles profundos, lo que determina el descenso de los valores del pH en aquella zona. Lo mismo ocurre en el canal que recoge las aguas de las capas inferiores del embalse del Gorg Blau.

Al considerar valores promedio se aprecian pequeñas diferencias que están relacionadas con el grado de variación del pH. Tales variaciones son

escasamente significativas, si exceptuamos los valores mínimos ya comentados, de acuerdo con la alta capacidad de tamponamiento que presentan estas aguas.

ALCALINIDAD: Los máximos de la alcalinidad corresponden a los aportes al embalse de Cúber, Torrent de l'Ofre y Font des Noguer. La cuenca del Gorg Blau presenta asimismo valores altos aunque por debajo de los anteriores.

Los valores medios y mínimos más bajos se situan en los dos embalses; estos valores guardan una estrecha relación con los correspondientes al ion calcio, lo cual es indicativo de una disminución paralela de ambos parámetros (ver figura 1).

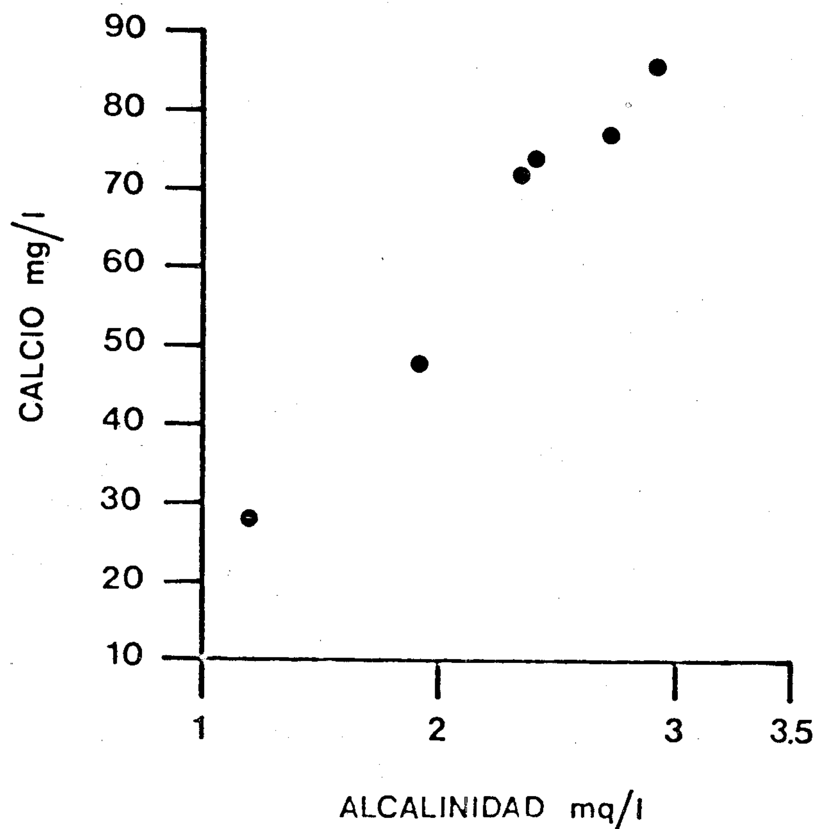


Fig. 1.– Relación entre la concentración de calcio y la alcalinidad, valores medio y mínimos, en las aguas de los embalses de Cúber y Gorg Blau y en el canal de trasvase.

Al considerar los valores extremos de la alcalinidad para cada uno de los puntos de muestreo, se observa cómo el mayor margen de variación se produce en las aguas de los embalses; tal situación se explica por el desigual comportamiento que experimenta la alcalinidad durante el período en el que las aguas están mezcladas o cuando presentan estratificación.

En épocas de mezcla la alcalinidad permanece prácticamente uniforme en los distintos niveles, mientras que se aprecian marcadas diferencias entre las capas superiores y profundas, cuando el agua se halla estratificada (ver tabla 2).

TABLA 2

VALORES PROMEDIO DE LA ALCALINIDAD, EXPRESADA EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO, A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN LOS EMBALSES DE CUBER Y GORG BLAU Y EN EL GRUPO VI DE LOS EMBALSES ESPAÑOLES. EN CADA DOBLE COLUMNA, LA DE LA IZQUIERDA CORRESPONDE AL PERÍODO DE MEZCLA Y LA DE LA DERECHA AL PERÍODO DE ESTRATIFICACIÓN.

PROFUNDIDAD (m)	EMBALSE CUBER		EMBALSE GORG BLAU		EMBALSES GRUPO VI	
0	2,58	2,07	2,64	2,40	2,93	2,19
2	2,58	2,07	2,68	2,53	2,95	2,18
5	2,57	2,12	2,65	2,58	2,92	2,19
7	2,65	2,47				
10	2,65	2,74	2,64	2,65		
15			2,64	2,64		
20			2,85	3,03	3,05	2,53
23			2,83	3,36		

La disminución de la alcalinidad en los primeros metros y su aumento cerca del fondo vienen determinados, al menos en parte, por la actividad de los organismos y se producen como consecuencia de la precipitación de carbonato cálcico. el primero, y por redisolución del carbonato y calcio, el segundo.

De conformidad con los valores del pH, la alcalinidad es esencialmente debida a los bicarbonatos (BUCH, 1930). Este extremo queda asimismo confirmado por la relación que existe entre los valores de la alcalinidad total y los de la alcalinidad a la fenolftaleína (MOYÀ, 1981).

CONDUCTIVIDAD: Las mediciones de este parámetro indican que sigue un comportamiento paralelo al de la alcalinidad.

Los valores medios y mínimos inferiores se dan en las aguas de los embalses, los máximos –al igual que ocurría con la alcalinidad– se situan en los aportes.

CONCLUSIONES

En la discusión de los resultados se han ido destacando las particularidades más significativas de cada uno de los parámetros estudiados. A continuación, a modo de síntesis, se exponen las conclusiones generales obtenidas a partir de la consideración conjunta de todas las variables analizadas.

1) Al estudiar comparativamente los valores obtenidos con los correspondientes a aguas de las cuales se conoce tanto la salinidad total, como la contribución de los distintos iones a la misma, y la conductividad (HUTCHINSON, 1957), se puede deducir que el calcio es el catión más abundante, que las cantidades de sodio estarán posiblemente por encima de las de magnesio, mientras que el potasio sería el catión minoritario; por otra parte el orden de abundancia entre los aniones es bicarbonatos, sulfatos y cloruros, únicamente se apartan de este comportamiento general los valores medios de sulfatos y cloruros correspondientes a la cuenca del Gorg Blau.

2) El calcio, sulfatos y carbono inorgánico –alcalinidad– se ven sometidos a la acción de los organismos, experimentando como consecuencia de ello importantes variaciones descritas en muchos lagos y embalses (WETZEL, 1975), ello explicaría sus fluctuaciones en las aguas de los embalses de Cúber y el Gorg Blau, y también en el canal de trasvase.

3) Los valores de la alcalinidad, conductividad y concentración iónica indican que todas las aguas analizadas presentan un alto grado de mineralización, mayor en los aportes, con una reserva alcalina elevada que determina una escasa variación del pH.

4) Atendiendo al grado de mineralización, los embalses de Cúber y el Gorg Blau se situan entre aquellos embalses españoles con aguas más mineralizadas, 27 de un total de 103 embalses estudios, pertenecientes al grupo VI según una clasificación elaborada por MARGALEF et al. (1976), que se halla representada gráficamente en la figura 2.

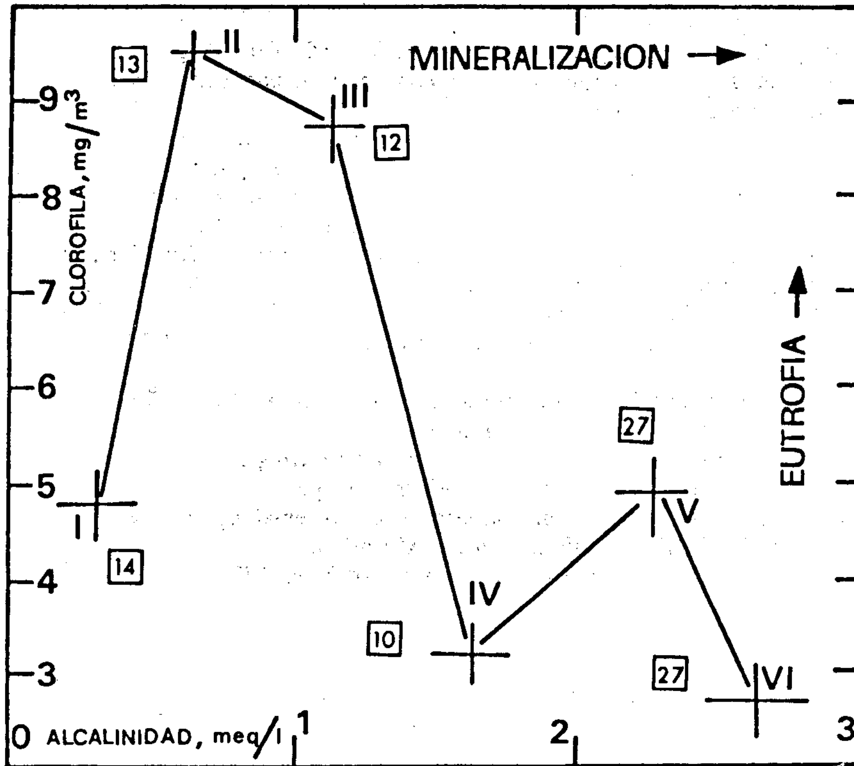


Fig. 2.– Distribución de los embalses españoles en seis grupos, en función de la mineralización de las aguas, que aumenta de izquierda a derecha, y de la fertilidad de sus aguas, proporcional a la altura sobre la linea de base (De Margalef et al., 1976). Dentro de un cuadrado se indica el número de embalses incluídos en cada grupo.

BIBLIOGRAFIA

BUCH, K. 1930.– Die kohlensaürefaktoren des Meerwassers I. *Rapp. Cons. Explor. Mer.* 67: 5-88.

CHAPMAN, M. D. y PRATT, P. F. 1961.– *Methods of analysis for soils, plants and waters.* University of California.

FRITZ, S. J. y STANLEY, S. 1955.– Fast sulphate microvaloration. *Ann. Chim.*, 27: 1461-1464.

HUTCHINSON, G. E. 1957.– *A Treatise on Limnology. I. Geography Physics and Chemistry.* John Wiley & Sons. New York. 1015 pp.

KNUDSEN, M. 1901.– *Hydrographical tables.* GEC. BAD. Copenhague. 63 pp.

MARGALEF, R. 1955.– *Los organismos indicadores en la Limnología.* Ministerio de Agricultura. Madrid. 300 pp.

MARGALEF, R. 1976.– Biología de los embalses. *Inv. y Cien.*, 1: 50-62.

MARGALEF, R. et al. 1973.– Plankton production and water quality in Spanish reservoirs. First report on a research project. *Internat. Comm. on large Dams. XI Congr.* Madrid. Dir. Gral. Obras Hidraúl. Centr. de Est. Hidrográf.

MARGALEF, R. et al. 1976.– *Limnología de los embalses españoles.* Dir. Gral. de Obras Hidraúl. Ministerio de Obras Públicas. Madrid. Tomos I (422 pp.) y II (85 pp.)

MOYÀ, G. 1981.– *Estudio limnológico de los embalses de la Sierra Norte de Mallorca: El embalse de Cúber.* Tésis doctoral. Universidad de Palma de Mallorca. 516 pp. más Apen.

SERVICIO HIDRAULICO DE BALEARES, 1973a.– *Embalse de Cúber.* XI Congress of the Internat. Commiss. on large Dams. Madrid. 14 pp.

SERVICIO HIDRAULICO DE BALEARES, 1973b.– *Embalse del Gorg Blau.* XI Congress of the Internat. Commiss. on large Dams. Madrid. 14 pp.

WATTENBERG, H. 1933.– Kalzium Karbonat und Kohlensaüregehalt des Meereswassers. *Wiss. Ergeb. Dtsch. Atlant. Exped. "Meteor" 8.*

WETZEL, R. G. 1975.– *Limnology.* Saunders Philadelphia, 752 pp.